

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

کنترل آلودگی هوا
غبارگیرهای ته نشینی گرانشی

دکتر احمد نیک پی
عضو هیات علمی دانشگاه علوم پزشکی قزوین
گروه بهداشت حرفه ای
تاریخ انتشار پاییز ۱۳۹۲
nikpey@gmail.com

منبع

- مهندسی کنترل آلودگی هوا، نوئل دنورز، فصل نهم

http://aerosol.ees.ufl.edu/aerosol_trans/section07.html •

اهداف آموزشی

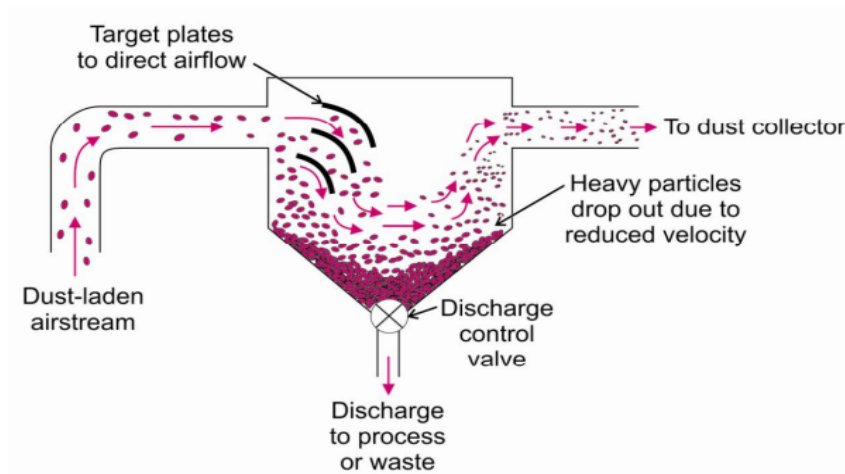
- آشنایی با ته نشین کننده های دیواره ای
- معرفی اتاقک های ته نشینی
- آشنایی با قانون ته نشینی استوک و کاربرد آن
- مبانی طراحی اتاقک های ته نشینی
- معرفی الگوهای جریان قالبی و اختلاطی
- محاسبه راندمان اتاقک ته نشینی بر مبنای مدل های جریان قالب و اختلاطی

انواع غبارگیرهای دیواره ای

- نشین کننده های گرانشی (اتاقک های ته نشینی)
- ته نشین کننده های گریز از مرکز (سیکلون ها)
- ته نشین کننده های الکتریکی (الکتروفیلترها)
- طراحی: بر اساس قانون ته نشینی استوک

Electromagnetic Wave		← x-Ray →	← UV →	Vis	← Infrared →	← Microwaves →				
Definition	Solid Liquid	← Fume →	Mist	← Dust →	Spray					
Soil		← Clay →	Silt	← Sand →	Gravel					
Atmospheric		← Smog →	Cloud/Fog	Mist	← Rain →					
Typical Particles		← Viruses →	← Bacteria →	← Human Hair →	Beach Sand					
Size Analysis Method		← Electron Microscope →	← Microscope →	← Sieving →						
		← x-Ray Diffraction →	← Sedimentation →							
		← Ultra Centrifuge →								
Gas Cleaning		← Ultrasonics →	← Centrifugal →	← Settling Chamber →						
		← Liquid Scrubber →	← Air Filter →	← Impact Separators →						
		← HE Air Filter →	← Thermal Separators →							
		← Electrostatic Separators →								
Diffusion Coeff. cm ² / s	Air Water	5×10 ⁻² 5×10 ⁻⁶	5×10 ⁻⁴ 5×10 ⁻⁷	10 ⁻⁵ 5×10 ⁻⁸	3×10 ⁻⁷ 5×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁹ 5×10 ⁻¹⁰	2×10 ⁻¹⁰ 5×10 ⁻¹¹	2×10 ⁻¹¹ 5×10 ⁻¹²	2.5×10 ⁻¹³ 5×10 ⁻¹³	
Terminal (S=2) Velocity cm / s	Air Water	10 ⁶ 10 ¹⁰	1.5×10 ⁻⁵ 6×10 ⁻⁹	2×10 ⁻⁴ 6×10 ⁻⁷	7×10 ⁻³ 6×10 ⁻⁵	0.6 6×10 ⁻³	50 0.6	600 12	2.5×10 ³ 58	
		10 ⁻⁴	10 ⁻³	10 ⁻²	10 ⁻¹	10 ⁰	10 ¹	10 ²	10 ³	10 ⁴
		Particle Diameter, μm								

ته نشین کننده گرانشی (drop-out box)



ته نشین کننده گرانشی

- پیش تصفیه سایر سیستم های کنترلی نظیر غبار گیرهای کیسه ای، الکترواستاتیک و ونتوری اسکرابر هستند.
- قادر به جداسازی ذرات بزرگ تر از ۶۰-۴۰ میکرومتر هستند.
- ضریب افت فشار: ۱/۵ برابر فشار سرعت کانال ACGHH, 2011.

اساس طراحی: قانون ته نشینی استوک

$$V = \frac{(\rho_p - \rho_g)d^2g}{18\eta}$$

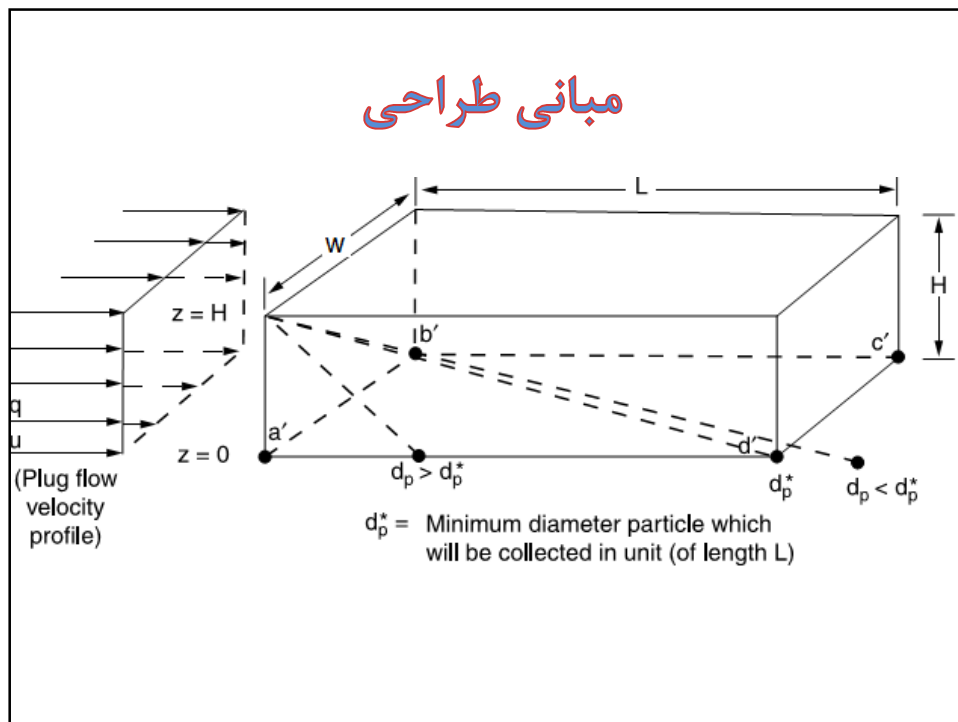
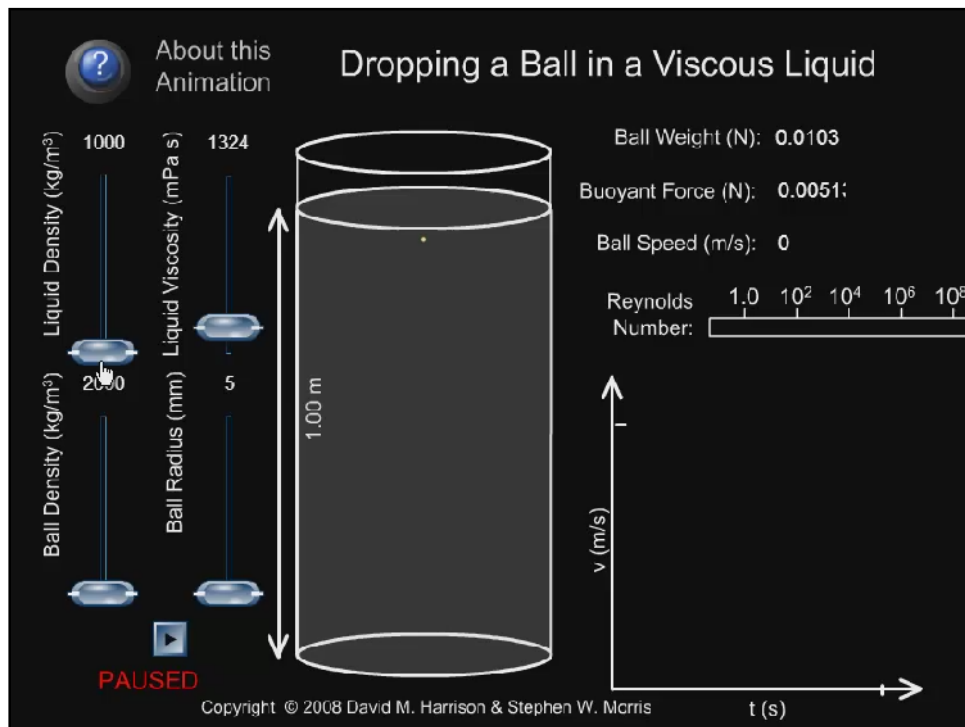
$$10 \leq d \leq 1\mu m \text{ و } Re < 1$$

سرعت ته نشینی و عدد رینولدز ذره ای با قطر ۲۰۰ میکرومتر را محاسبه کنید؟

سرعت ته نشینی متناسب با مربع قطر ذره است

$$V = \left(\frac{0.00605 cm}{s} \right) \left(\frac{200\mu}{1\mu} \right)^2 = 2.42 m/s = 7.94 ft/s$$

$$Rp = \frac{DV\rho_{\text{هو}}}{\mu} = \frac{(200 \times 10^{-6} m)(2.42 m/s)(1.2 kg/m^3)}{(1.8 \times 10^{-5} kg/m.s)} = 32.3$$



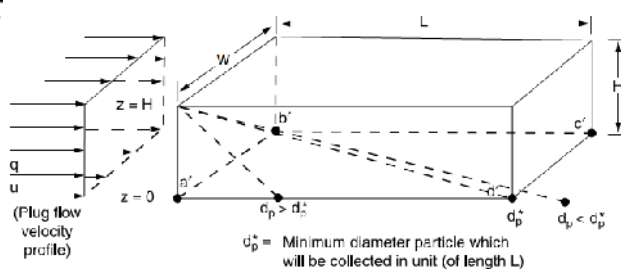
مدل های طراحی (جریان قالبی و اختلاطی)

- فرضیات مدل جریان قالبی:
- سرعت افقی گاز در هر نقطه از سطح مقطع اتاقک، معادل سرعت متوسط
- سرعت افقی ذرات در جریان گاز عبوری معادل سرعت متوسط جریان
- سرعت عمودی ته نشینی ذرات (V_t) وابسته به نیروی گرانشی زمین در قالب رابطه ته نشینی استوک
- در صورت ته نشینی ذره در کف اتاقک، مجددا وارد جریان هوا نمی شود.

طراحی اتاقک های ته نشینی (مدل plug flow)

$$V_{\text{متوسط}} = \frac{Q}{W.H}$$

$$t = \frac{L}{V_{\text{متوسط}}}$$



$$V_{TS} = \frac{\rho_p d^2 g}{18\eta}$$

$$\text{مسافت ته نشینی عمودی} = t \cdot V_{TS} = \frac{L}{V_{\text{متوسط}}} V_{TS}$$

طراحی اتاقک ته نشینی

- طراحی بر مبنای قانون ته نشینی استوک
- دو نوع ته نشینی ساده و چند طبقه
- به شکل یک جعبه طویل افقی با محل ورودی، خروجی و قیف جمع آوری کننده ذرات ته نشین شده
- جریان هوای حاوی ذرات معلق از طریق قسمت ورودی وارد بخش انبساطی اتاقک شده، وبا کاهش سرعت جریان زمان لازم برای ته نشینی ذره فراهم می شود.

راندمان حذف غبارگیرهای ته نشینی

$$\eta_{\text{جریان قالبی}} = \frac{LV_t}{HV_{\text{متوسط}}}$$

$$\eta_{\text{جریان اختلاطی}} = 1 - \exp^{(-\eta_{\text{جریان قالبی}})}$$

ارتباط راندمان-قطر را برای غبارگیر ته نشینی به ارتفاع ۲ و طول ۱۰ متر با سرعت خطی ۱ متر بر ثانیه را بر اساس مدل های جریان قالبی و اختلاط کامل تعیین کنید.

$$V = \frac{\left(\frac{9.81m}{s^2}\right)(10^{-12} m^2)\left(\frac{2000kg}{m^3} - 1.2kg/m^3\right)}{(18)(1.8 \times 10^{-5} kg/m.s)} = 6.05 \times 10^{-5} \frac{m}{s}$$

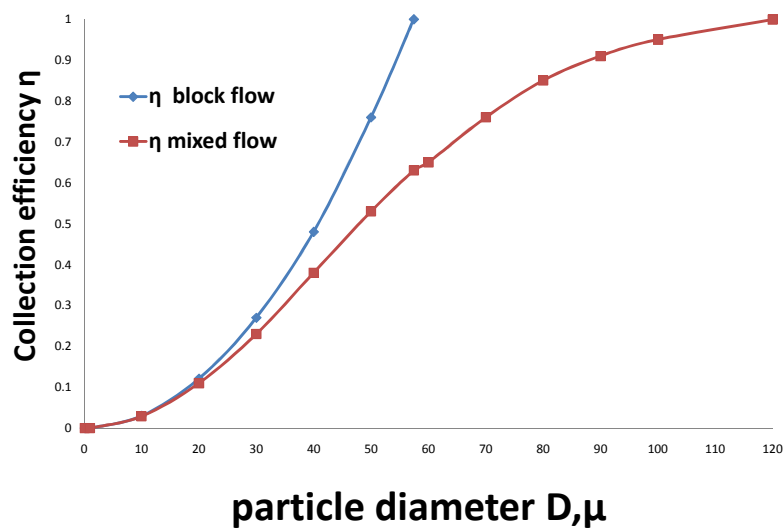
$$\eta_{\text{جریان قالبی}} = \frac{LV_t}{HV_{\text{متوسط}}} = \frac{(10m)(6.05 \times 10^{-5} \frac{m}{s})}{(2m)(\frac{1m}{s})} = 3.025 \times 10^{-4}$$

$$\eta_{\text{جریان اختلاطی}} = 1 - \exp^{(-\eta_{\text{جریان قالبی}})}$$

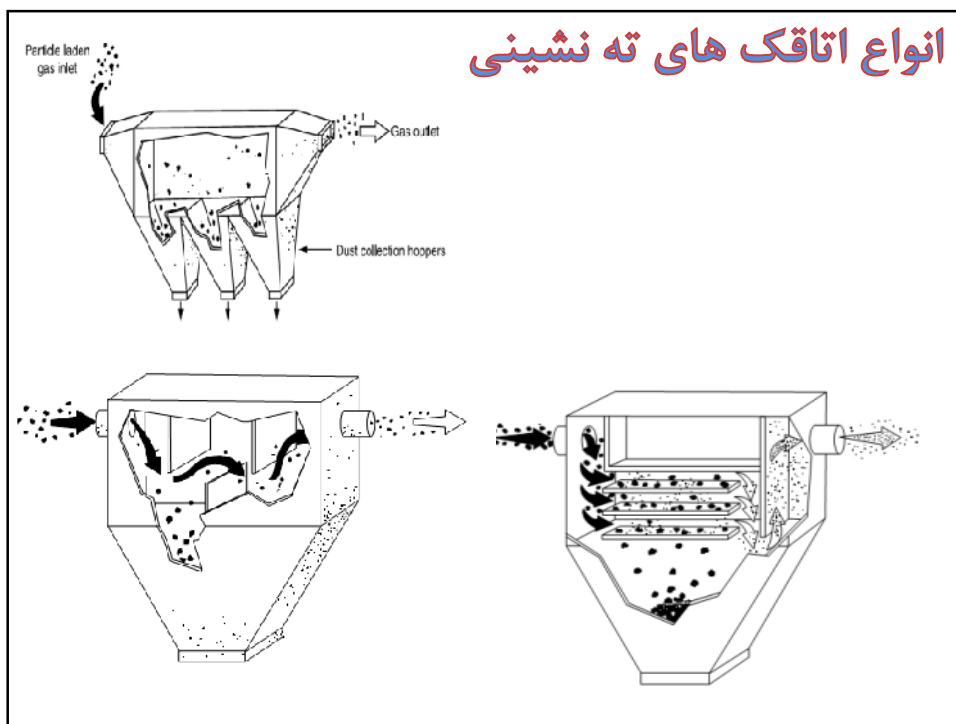
$$= 1 - \exp^{(-3.025 \times 10^{-4})} = 3.024 \times 10^{-4}$$

سایز ذره (میکرومتر)	سرعت ته نشینی (متر بر ثانیه)	η قالبی	η اختلاط کامل
۰/۱	6.05×10^{-7}	3.025×10^{-6}	3.025×10^{-6}
۱	6.05×10^{-5}	3.025×10^{-4}	3.025×10^{-4}
۱۰	6.05×10^{-3}	0.0303	0.0298
۲۰	0.0242	0.121	0.113
۳۰	0.054	0.273	0.239
۴۰	0.096	0.48	0.38
۵۰	0.151	0.76	0.53
۵۷/۴۵	0.199	1	0.63
۶۰	0.21	1.05	0.65
۷۰	0.29	1.45	0.76
۸۰	0.387	1.93	0.855
۹۰	0.49	2.45	0.913
۱۰۰	0.605	3.025	0.95
۱۲۰	2.42	12.1	0.9999

مقایسه کارایی ته نشین کننده گرانشی بر مبنای مدل های جریان قالبی و مخلوط



انواع اتاقک های ته نشینی



متشکرم